

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



Prioritätsbescheinigung DE 102 14 117.7 über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 102 14 117.7

Anmeldetag: 28. März 2002

Anmelder/Inhaber: Siemens Aktiengesellschaft, 80333 München/DE

Bezeichnung: Adaptive Modulation und andere Erweiterungen der physikalischen Schicht in Mehrfachzugriffssystemen

IPC: H 04 L 12/413, H 04 L 27/32

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der Teile der am 28. März 2002 eingereichten Unterlagen dieser Patentanmeldung unabhängig von gegebenenfalls durch das Kopierverfahren bedingten Farbabweichungen.

München, den 11. Februar 2008
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident

Im Auftrag

A handwritten signature in black ink, appearing to read "G. Remus", is written over a stylized oval. The oval is drawn with a thick, dark line, and the signature is written inside it in a cursive, flowing style.

Remus





Beschreibung

Adaptive Modulation und andere Erweiterungen der physikalischen Schicht in Mehrfachzugriffssystemen

5

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Senden von Datensignalen in einem Kommunikationssystem mit zentral oder dezentral organisiertem Zugriff auf das Übertragungsmedium unter Verwendung mehrerer Übertragungsmodi. Insbesondere 10 betrifft die vorliegende Erfindung ein Signalisierungsschema zur adaptiven Modulation in einem CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access Collision Avoidance) basierten Zugriffssystem.

Ein gravierendes Problem bei der Mobilfunkübertragung ist die 15 Frequenzselektivität der Mobilfunkkanäle. Die Frequenzselektivität, hervorgerufen durch Mehrwegeausbreitung mit großen Laufzeitdifferenzen, bewirkt starke lineare Verzerrungen des Empfangssignals, die den Einsatz aufwendiger Entzerrer oder einer Viterbi-Detektion erforderlich machen. Ein geeignetes 20 Mittel, den Nachteilen frequenzselektiver Kanäle entgegenzuwirken, ist die sogenannte Adaptive Modulation (AM), die im Folgenden näher beschrieben wird.

Adaptive Modulation wird in OFDM-Systemen (Orthogonal Frequency Devision Multiplexing) dazu verwendet, die Nachteile frequenzselektiver Fading-Kanäle zu reduzieren. Dabei werden die Daten über einzelne Subträger übertragen.

Das Prinzip der adaptiven Modulation sei im Folgenden kurz 30 erläutert. Der Sender überträgt über den Funkkanal Daten zu einem Empfänger. In dem Sender werden die zu sendenden Daten zunächst durch einen Codierer und Interleaver codiert und verschachtelt. Anschließend werden die Daten je nach Kanaleigenschaft mit unterschiedlicher Modulationswertigkeit moduliert. Geeignete Modulationsalphabete/verfahren hierfür sind z. B. die bekannten Amplitude/Phase-Shift-Keying-Verfahren BPSK, QPSK, 16 QAM, 64 QAM usw. mit den jeweiligen Modulati-

onswertigkeiten 1, 2, 4 und 6. Bei hohem Signal/Rausch-
Abstand ist der jeweilige Subträger mit einer hohen Bitzahl
zu modulieren, während bei einem geringen Signal/Rausch-
Verhältnis eine geringe Bitzahl genügt. Das Signal/Rausch-

mein geht
nicht!

5 Verhältnis wird üblicherweise in dem Empfänger geschätzt und
für die einzelnen Subträger in eine sogenannte Bit-Loading-
Tabelle umgesetzt. Beispielsweise kann eine solche Bit-
Loading-Tabelle Informationen über das Signal/Rauschver-
hältnis oder alternativ die angeforderte Modulationswertig-
keit für jeden einzelnen Subträger enthalten. Diese Bit-
Loading-Tabelle wird dem Sender übermittelt, so dass dieser
10 einen Demultiplexer DEMUX und einen Multiplexer MUX für die
Adaptive Modulation entsprechend ansteuern kann.

15 Der Demultiplexer DEMUX leitet den vom Interleaver erhaltenen
Bit-Strom an den jeweils einer bestimmten Modulationswertig-
keit zugeordneten Modulator $MOD_1, \dots, MOD_{n-1}, MOD_n$. Dabei kann
der Modulator MOD_1 beispielsweise ein BPSK-Modulator und der
Modulator MOD_n ein 64 QAM-Modulator sein. Die nach der jowi-
20 ligen Modulation erhaltenen Zeiger werden dann durch den Mu-
tiplext MUX, der ebenfalls über die Bit-Loading-Tabelle ge-
steuert wird, einer Inversen Fast-Fourier-Transformation IFFT
unterzogen. Dort werden die Zeiger auf den jeweiligen Subträ-
ger für die Übertragung umgesetzt und anschließend auf die
Trägerfrequenz hochmoduliert.

Im Empfänger läuft dieser Prozess im Wesentlichen umgekehrt
ab. Zunächst werden die Daten über eine Fast-Fourier-Trans-
formation von den einzelnen Subträgern als Zeiger gewonnen.
30 Ein anschließender Demultiplexer DEMUX weist die Daten ent-
sprechend der Bit-Loading-Tabelle dem geeigneten Demodulator
zu. Der vom Demodulator $DEMOD_1, \dots, DEMOD_{n-1}, DEMOD_n$ gewonnene
Bit-Strom wird über einen Multiplexer MUX einem Deinterleaver
und Kanaldecodierer zugeführt.

35 Wie bereits erwähnt, ist für die adaptive Modulation die ge-
wünschte Bit-Loading-Tabelle vom Sender zum Empfänger zu ü-

bertragen. Ein wesentlicher Punkt dabei ist, dass die Bit-Loading-Tabellen typischerweise im Empfänger auf der Basis von RSSI (Radio Signal Strength Indication) und SNR (Signal to Noise/Interference Ratio) berechnet und dem Sender übermittelt werden müssen. Für ein TDD-Schema (Time Division Duplex) wird üblicherweise ein WSS-Kanal (White Sense Stationary) für einen Zeitraum, in dem die Bit-Loading-Tabelle gültig ist, angenommen.

In dem Standard IEEE 802.11a sind die Mediumzugriffssteuerung (Medium Access Control, MAC) und physikalische Charakteristika für Funk-LAN-Systeme spezifiziert. Eine Mediumzugriffssteuereinheit gemäß diesem Standard soll die Komponenten einer physikalischen Schicht abhängig von der Verfügbarkeit des Spektrums hinsichtlich ihrer Zugangsberechtigung zum Übertragungsmedium unterstützen.

Prinzipiell stehen zwei Koordinationsmöglichkeiten für den Zugriff zur Verfügung: die zentrale und die dezentrale Zugriffsfunktion. Bei der zentralen Zugriffsfunktion (Point Coordination Function, PCF) ist die Koordinationsfunktionslogik nur in einer Station beziehungsweise in einem Terminal einer Gruppe von Terminals (Basic Service Set, BSS) aktiv, solange das Netzwerk in Betrieb ist. Demgegenüber ist bei einer dezentralen Zugriffsfunktion (Distributed Coordination Function, DCF) die gleiche Koordinationsfunktionslogik in jeder Station beziehungsweise jedem Terminal der Terminalgruppe aktiv, solange das Netzwerk in Betrieb ist.

Figur 1 zeigt hierzu die Datenrahmenstruktur für den Daten- austausch eines dezentralen Zugriffssystems (DCF) nach dem Standard IEEE 802.11. Hinsichtlich der im vorliegenden Dokument verwendeten Abkürzungen und Begriffe wird auf diesen Standard verwiesen. Gemäß Figur 1 sind an der Kommunikation beteiligt: ein Sender, ein Empfänger und andere. Nach einer Wartezeit, dem sogenannten DCF Interframe Space (DIFS), überträgt der Sender an das Netz ein RTS-Signal (Ready to Send).

Nach einer kurzen Wartezeit (Short Interframe Space, SIFS) sendet der Empfänger das CTS-Signal (Clear to Send) mit dem er seine Empfangsbereitschaft andeutet. Wiederum nach einer kurzen Wartezeit SIFS schickt der Sender die zu übermittelnden Daten Data ins Netz. Nach der Übertragung und einer Wartezeit SIFS bestätigt der Empfänger den Erhalt der Daten mit der Bestätigungs-nachricht ACK (Acknowledge). Die Wartezeiten SIFS und DIFS betragen dabei 16 μ s beziehungsweise 34 μ s.

5 10 Bei den anderen Kommunikationsteilnehmern wird auf Initiative des RTS- oder CTS-Signals der Vektor NAV (Network Allocation Vector) gesetzt, der angibt, wie lange eine Übertragung auf das Funkmedium (Wireless Medium) von der jeweiligen Station nicht durchgeführt werden kann.

15 20 Der Zugriff auf das Funksystem ist erst wieder möglich, wenn nach der Bestätigung ACK des Empfängers die Wartezeit DIFS vergangen ist. In dem anschließenden Wettbewerbsfenster, dem sogenannten "Contention Window" findet zur Kollisionsvermeidung eine Verzögerung um eine zufällige Backoff-Zeit statt.

In Figur 2 sind die Frame- beziehungsweise Datenpaketformate der in Figur 1 dargestellten Frames aufgezeigt. In diesem Zusammenhang von Bedeutung ist insbesondere das Zusammenspiel zwischen Sender und Empfänger und damit die jeweilige Adressierung. So findet sich in dem RTS-Frame die Sendeadresse TA (Transmitter Address) mit sechs Oktetten kodiert wieder. Ebenso ist in dem CTS-Frame die Empfängeradresse mit sechs Oktetten kodiert. Der Data-Frame, der vom Sender abgeschickt wird, enthält in dem Adressblock "Address 2" die Zieladresse. Der vom Empfänger zur Bestätigung zurückgesandte ACK-Frame enthält wiederum die Empfängeradresse RA (Receiver Address), so dass der Sender die Bestätigung eindeutig zuordnen kann.

30 35 Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, die Kanalkapazität in einem Kommunikationssystem zu erhöhen.

Zur Lösung dieser Aufgabe ist erfindungsgemäß vorgesehen ein Verfahren zum Senden von Datensignalen in einem Kommunikationssystem mit dezentral organisiertem Zugriff auf das Übertragungsmedium unter Verwendung mehrerer Übertragungsmodi, 5 durch Senden mindestens eines Pilotsignals vom Sender zum Empfänger, Berechnen einer Zuordnungstabelle bezüglich der Übertragungsmodi anhand der empfangenen Pilotsignale durch den Empfänger, Senden der Zuordnungstabelle vom Empfänger an den Sender und Senden der Datensignale unter Anwenden eines 10 der Übertragungsmodi gemäß der Zuordnungstabelle vom Sender zum Empfänger oder vom Empfänger zum Sender.

Ferner wird zur Lösung der obigen Aufgabe bereitgestellt ein Verfahren zum Senden von Datensignalen in einem Kommunikationssystem mit zentral organisiertem Zugriff auf das Übertragungsmedium unter Verwendung mehrerer Übertragungsmodi, durch 15 Senden mindestens eines Pilotsignals vom Sender zum Empfänger, Berechnen einer Zuordnungstabelle bezüglich der Übertragungsmodi anhand der empfangenen Pilotsignale durch den Empfänger, Senden der Zuordnungstabelle vom Empfänger an den 20 Sender und Senden der Datensignale unter Anwenden der in der Zuordnungstabelle übermittelten Übertragungsmodi gemäß der Zuordnungstabelle vom Empfänger zum Sender.

15 Somit kann adaptive Modulation auch in Mehrfachzugriffssystemen, beispielsweise dem CSMA-System (Carrier Sense Multiple Access) auf der Basis des erfindungsgemäßen Bit-Loading- Signalisierungsschemas angewendet werden. Für die adaptive Modulation ist es jedoch unbedingt erforderlich, dass die gewünschten Bit-Loading-Tabellen korrekt vom Empfänger zum 30 Sender übertragen werden. Wenn dies nicht der Fall ist, können gravierende Störungen auftreten. Durch die Anwendung des Bit- loading-Signalisierungsschemas wird die Übertragung adaptiv modulierter Datenpakete überhaupt ermöglicht, welche durch 35 die adaptive Modulation gegenüber Paketfehler weniger anfällig ist.

Besonders vorteilhaft lässt sich die vorgeschlagene Lösung auf ein CSMA/CA-Schema (Collision Avoidance) mit dezentralem Zugriff anwenden, bei dem die RTS-Signale (Ready to Send), CTS-Signale (Clear to Send) und NAV (Network Allocation Vector) zur Reservierung des gemeinsamen Mediums für die Datenübertragung und gegebenenfalls auch die Bestätigungs Nachricht ACK (Acknowledge) zur Bestätigung des Datenempfangs verwendet werden. Damit kann auf grundlegendem Niveau adaptive Modulation für ein OFDM-System (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) oder ein MC/CDMA-System (Multi Carrier Code Division Multiple Access), die auf dem CSMA/CA-Zugriff basieren, angewandt werden.

Wie bereits angedeutet, lässt sich das erfindungsgemäße Verfahren sehr vorteilhaft für IEEE 802.11 standardisierte Systeme verwenden. Dabei können Piloten zur Berechnung von Bit-Loading-Tabellen in dem RTS-Signal für dezentralen Zugriff gesendet werden. Des Weiteren ist es zweckmäßig, dass der Sender in dem RTS-Signal beim Empfänger anfragt, ob er zu adaptiver Modulation und gegebenenfalls zur Durchführung zusätzlicher Funktionen im Rahmen der physikalischen Schicht, den sogenannten PHY extensions, in der Lage ist.

In ähnlicher Weise ist es vorteilhaft, wenn der Empfänger beim Sender in dem CTS-Signal nach der Durchführbarkeit von adaptiver Modulation und gegebenenfalls weiteren PHY extensions nachfragt. Gleichzeitig kann der Empfänger die aufgrund der Piloten berechnete Zuordnungstabelle beziehungsweise Bit-Loading-Tabelle in dem CTS-Signal an den Sender schicken.

Für bi-direktionalen Datenverkehr mittels adaptive Modulation von zwei Kommunikationsendgeräten ist besonders herauszustellen, dass jedes Endgerät sowohl Sender als auch Empfänger sein kann. Im Rahmen des IEEE 802.11a-Standards scheint es sinnvoll, die Bit-Loading-Tabelle mit Hilfe von drei OFDM-Datensymbolen, welche jeweils aus 24 Datenbits bestehen, zu übertragen.

Eine Bestätigung der Verwendung einer spezifischen PHY extension kann in dem CTS-Signal des Empfängers erfolgen.

- 5 Sowohl im Falle des zentralen als auch im Falle des dezentralen Zugriffs sollte die Datenübertragung mit einem festen Modulationsschema erfolgen, solange keine aktuelle Bit-Loading-Tabelle beim Sender beziehungsweise Empfänger vorliegt.
- 10 Beide Systeme, das System mit dem dezentralen und das System mit dem zentralen Zugriff, können zeitlich ineinander geschachtelt werden, so dass die jeweils spezifischen Komponenten parallel nebeneinander verwendet werden können.
- 15 Die vorliegende Erfindung wird nun anhand der beigefügten Zeichnungen näher erläutert, in denen zeigen:

Figur 1 ein Signalisierungsschema eines DCF-Datenaustauschs (Distributed Coordination Function) gemäß dem Standard IEEE 802.11;

Figur 2 die Datenpaketstruktur für den Datenaustausch nach Figur 1;

Figur 3 ein erfindungsgemäßes Datenaustauschschema für Bit-Loading-Tabellen in Übertragungssystemen mit dezentralem Zugriff;

Figur 4 einen Ausschnitt aus dem Signalisierungsschema von Figur 3;

Figur 5 ein erfindungsgemäßes Signalisierungsschema für Bit-Loading-Tabellen in einem Übertragungssystem mit zentralem Zugriff;

Figur 6 eine Variante des Signalisierungsschemas von Figur 5;

Figur 7 einen Datenpaketrahmen mit enthaltener Bit-Loading-Tabelle; und

5 Figur 8 die zeitliche Beziehung von Zeitintervallen, den so- genannten Interframe Spaces (IFS), zwischen den Datenblöcken und der Backoff-Prozedur bei zentralem und dezentralem Zugriffsverfahren.

10 Die nachfolgend beschriebenen Ausführungsbeispiele stellen bevorzugte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung dar.

Das in Figur 3 dargestellte erfindungsgemäße Signalisierungsschema entspricht in den Grundzügen dem von Figur 1 und basiert damit auf dem Standard IEEE 802.11. Wie die dicken Pfeile in der Figur andeuten, wurde der Inhalt des jeweiligen Datenrahmens jedoch geändert. Für die Durchführung der adaptiven Modulation erfolgt in dem RTS-Signal des Senders eine Anfrage nach einer Bit-Loading-Tabelle des Empfängers. Der Empfänger wiederum integriert in seine CTS-Nachricht die Bit-Loading-Tabelle, die er anhand von Piloten des RTS-Signals berechnet hat. Die vom Sender in der CTS-Nachricht empfangene Bit-Loading-Tabelle wendet dieser zum Senden der Daten in dem Datenpaket "Data" an.

Durch die dünnen Pfeile in Figur 3 wird ein zweites Signalisierungsschema angedeutet. Demnach bittet der Empfänger in der CTS-Nachricht um eine Bit-Loading-Tabelle vom Sender. Dieser berechnet eine aktuelle Bit-Loading-Tabelle für den 30 Vorwärtskanal anhand von Piloten aus dem CTS-Signal und integriert diese Bit-Loading-Tabelle in das an den Empfänger zu sendende Datenpaket "Data". Gleichzeitig werden die in dem Datenpaket "Data" zu übermittelnden Daten bereits gemäß der ermittelten Bit-Loading-Tabelle adaptiv moduliert.

35

Im zeitlichen Duplexbetrieb ist ein bestimmtes Endgerät jeweils entweder Sender oder Empfänger. In beiden obigen Fällen

(dicke und dünne Pfeile in Fig. 3) werden die notwendigen Sender- und Empfängerfunktionalität in beide kommunizierenden Endgeräte implementiert.

5 Ein Vergleich mit Figur 1 zeigt, dass die Warteperioden SIFS und DIFS unverändert sind.

In dem Signalisierungsschema von Figur 4 sind die wesentlichen erfundungsgemäßen Schritte für den dezentralen Zugriff 10 in einem CSMA/CA-System zusammengefasst und ergänzt. So ent- hält das RTS-Datenpaket vom Sender eine Anfrage nach adapti- ver Modulation und darüber hinaus gegebenenfalls eine Anfrage 15 nach Verwendung spezifischer Erweiterungsfunktionen bezüglich der physikalischen Schicht (PHY extensions). Durch derartige PHY extensions lassen sich Übertragungsmodi definieren, die über die in dem HIPERLAN/2-Standard definierten "Physical- Layer-Modes" hinausgehen. Ein Beispiel hierfür wäre das be- kannte "Space-Frequency-Block-Coding".

20 Derartige Erweiterungen der Physikalischen Schicht können mittels der Zuordnungstabelle der jeweiligen Gegenstelle d.h. Sender bzw. Empfänger bekannt gegeben werden und es kann eine spezifische Erweiterung zwischen den beiden Terminals ausge- handelt werden, die dann während der Datenübertragung ange- wendet wird. Dabei kann die Zuordnungstabelle eine sogenannte „Bitloading table“ enthalten, die für die Adaptive Modulation 25 Anwendung findet. Das „Aushandeln“ erfolgt im Wesentlichen in drei Schritten: Im ersten Schritt gibt das erste Terminal be- kannt, welche Erweiterungen es unterstützt. Im zweiten Schritt gibt das zweite Terminal bekannt, welche Erweiterun- 30 gen es unterstützt. Im dritten Schritt entscheidet sich das erste Terminal für eine oder mehrere gemeinsam unterstützte Erweiterungen, die für die anschließende Übertragung angewen- det werden.

35

Gemäß Figur 4 enthält das CTS-Datenpaket des Empfängers die Bit-Loading-Tabelle. Darüber hinaus enthält es eine Bestäti-

gungsinformation über die Verwendung einer spezifischen PHY-Erweiterung (PHY extension).

Das Datenpaket "Data" des Senders enthält die eigentlichen zu übertragenden Daten. Diese sind entsprechend der vom Empfänger erhaltenen Bit-Loading-Tabelle adaptiv moduliert. Zur Übertragung dieser Daten wird ein Übertragungsmodus mit der spezifischen PHY-Erweiterung gewählt.

10 Nach einer gewissen Wartezeit sendet der Empfänger das Bestätigungs-Datenpaket ACK, das Bestätigungsinformation über den korrekten oder unkorrekten Empfang des Datenpaketes "Data" enthält.

15 Figur 5 zeigt eine PCF-Datenübermittlung gemäß dem Standard IEEE 802.11, bei dem der Zugriff auf das Datennetz zentral koordiniert wird. Ein Übermittlungsintervall in diesem System wird als "Contention-Free Repetition Intervall" bezeichnet. Dieses Intervall besteht aus einer wettbewerbsfreien Periode (Contention-Free Period) und einer Periode (Contention Period), bei der hinsichtlich des Zugriffs einzelner Teilnehmer auf das Datennetz Wettbewerb stattfindet. In der wettbewerbsfreien Periode wird der Zugriff zentral geregelt, während in der Periode mit Wettbewerb der Zugriff dezentral koordiniert wird.

20 Nach einer Wartezeit PIFS (PCF Interframe Space) beginnt die Übermittlung durch ein Startsignal (Beacon) des Masters, der den Zugriff einer Gruppe von Teilnehmern auf das Datennetz zentral koordiniert. Dabei wird im zentral koordinierten Betriebsmodus eine Datenübertragung vom Master zu den Teilnehmern als Downlink (DL) und eine Datenübertragung von den Teilnehmern zum Master als Uplink (UL) bezeichnet. Nach einer kurzen Wartezeit SIFS sendet der Master an einen User X gemäß Fig. 5 Daten in einer Verbindung D1, wobei das "D" von "D1" den Downlink und "1" die Verbindung 1 zu User X kennzeichnet, mit einer polling-Anfrage, mit der der User X aufgefordert

wird, Daten zu senden, sofern er dies wünscht. Nach ebenfalls einer kurzen Wartezeit SIFS sendet der User X seine Daten im Uplink U1, wobei das „U“ von „U1“ den Uplink und „1“ die Ver-

bindung 1 von User X kennzeichnet, mit einer Bestätigungs-
5 nachricht ack an den Master. Wiederum nach einer kurzen War-
tezeit SIFS sendet der Master an einen User Y Daten in der
Verbindung D2 mit einer polling-Nachricht für User Y. Gleich-
zeitig sendet der Master mit dieser Nachricht eine Bestäti-
gung ack für User X, dass er die Daten in der Verbindung U1
10 korrekt empfangen hat. Anschließend erhält der Master vom U-
ser Y Daten in der Verbindung U2 mit einer Bestätigung ack,
dass die Daten in der Verbindung D2 beim User Y richtig ange-
kommen sind.

15 Anschließend spricht der Master mit Daten in der Verbindung
D3 einen User Z an, der nicht antwortet, und daraufhin einen
User Z mit Daten in der Verbindung D4 sowie einer polling-
Anfrage, wobei der Master keine Bestätigung ack an den User Z
zu senden braucht, da dieser nicht geantwortet hat. Danach
20 sendet der User W Daten in der Verbindung U4 mit einer Bestä-
tigung ack, dass er die Daten in der Verbindung D4 vom Master
korrekt empfangen hat. Dieser beispielhafte Datenaustausch in
der wettbewerbsfreien Periode ändert mit dem Abschlussignal
CF-End des Masters. Daran anschließend findet die Contention
Period statt, in der der Zugriff auf das Datennetz von jedem
Teilnehmer selbst koordiniert, vorzugsweise im dezentral ko-
ordinierten DCF-Betriebsmodus, wird.

Die wettbewerbsfreie Zeit (Contention-Free Period) wird durch
30 einen Vector NAV (Network Allocation Vector) gekennzeichnet.
Während dieser Zeit beginnt keine der Stationen beziehungs-
weise keiner der Teilnehmer eine Übertragung auf dem Medium.
Am Ende der wettbewerbsfreien Zeit wird der NAV-Vector zu-
rückgesetzt (Reset NAV). Nach einer kurzen Verweildauer nach
35 dem Rücksetzen endet die wettbewerbsfreie Zeit faktisch, so
dass sich eine maximale wettbewerbsfreie Zeit CF_Max_Duration
ergibt.

Dieses Datenübermittlungsschema wird erfindungsgemäß weiterverwendet, wobei die einzelnen Datenblöcke im Hinblick auf adaptive Modulation ergänzt werden. Die Signalisierung der 5 für die adaptive Modulation notwendigen Bit-Loading-Tabellen ist in Figur 5 durch die dünnen Pfeile auf die jeweiligen Datenblöcke angedeutet. So findet bei jeder Datenübermittlung vom Master zu einem der User eine Anfrage nach adaptiv modulierten User-Daten statt. Diese Anfrage beinhaltet neben der 10 impliziten oder expliziten Frage, ob die angesprochene Station zur adaptiven Modulation in der Lage ist, auch die Nachfrage nach einer konkret anzuwendenden Bit-Loading-Tabelle. Jeder angesprochene User sendet in seinem Datenpaket in den 15 Verbindungen U1, U2 oder U4 jeweils die von ihm berechnete Bit-Loading-Tabelle und wendet diese bereits auf die jeweils zu übertragenden Daten in den Verbindungen U1, U2 und U4 an.

In dem Schaubild von Figur 5 wurde jeder der Teilnehmer (User X, User Y, User Z und User W) in der wettbewerbsfreien Zeit jeweils nur einmal vom Master angesprochen beziehungsweise 20 gepolit. Damit sendet der Master seine Daten in den Verbindungen D1, D2, D3 und D4 mit fixer Modulation an die jeweiligen Teilnehmer. Falls jedoch ein Teilnehmer beziehungsweise User in einer wettbewerbsfreien Periode mehrfach von dem Master angesprochen wird und an den Master eine aktuelle Bit-Loading-Tabelle geschickt hat, so kann der Master ab der zweiten Übertragung an den gleichen Teilnehmer die aktuelle, 25 Bit-Loading-Tabelle zur adaptiven Modulation anstelle der fixen Modulation verwenden.

30 Ein derartiges CSMA-Schema mit adaptiver Modulation ist in Figur 6 dargestellt. In einem Zeitintervall T0 gibt der Sender beziehungsweise Master das Startsignal (Beacon) für die wettbewerbsfreie Periode (Contention-Free Period). Diese Periode endet mit dem Signal CF-End im Zeitintervall T6. Im 35 Zeitintervall T1 überträgt der Master (Sender) in der Verbindung D1 Daten Data 1 an einen bestimmten Teilnehmer (Empfänger).

ger), den er mit der Polling-Nachricht poll anspricht. Gleichzeitig bittet der Master (Sender) um die Bit-Loading-Tabelle. Im Zeitintervall T2 wird die Bit-Loading-Tabelle vom Teilnehmer (Empfänger) zum Master (Sender) übermittelt, und es wird immer noch feste Modulation zur Übertragung der Daten Data 1 vom Teilnehmer (Empfänger) zum Master (Sender) verwendet. Dabei unterscheiden sich in der Regel die Daten Data 1 des Masters in der Verbindung D1 von den Daten Data 1 des Teilnehmers in der Verbindung U1. Mit der Bestätigungsinformation ack bestätigt der Teilnehmer (Empfänger) den Empfang der Daten Data 1 vom Master (Sender). Darüber hinaus bittet der Teilnehmer (Empfänger) um die Bit-Loading-Tabelle vom Master (Sender). Im Zeitintervall T3 übermittelt der Master (Sender) weitere Daten Data 2 unter Verwendung der im Zeitintervall T2 empfangenen Bit-Loading-Tabelle. Ferner übermittelt er die angefragte Bit-Loading-Tabelle an den Teilnehmer (Empfänger). Im Zeitintervall T4 sendet der Teilnehmer (Empfänger) seine Daten Data 2 unter Verwendung der im Zeitintervall T3 empfangenen Bit-Loading-Tabelle an den Master (Sender).

Bei diesem Signalisierungsschema kann eine aktualisierte Bit-Loading-Tabelle entweder nur auf Anfrage oder bei jeder Datenübermittlung übertragen werden.

Figur 7 zeigt den Aufbau eines PLCP-Datenrahmens wie er innerhalb eines IEEE 802.11a spezifizierten OFDM-Systems verwendet werden kann. Dieser Datenrahmen wird als PPDU (PLCP Protocol Data Unit) bezeichnet, die auf dem PLCP-Protocol (Physical Layer Convergence Protocol) basiert. Die PPDU besitzt eine PLCP-Präambel mit zwölf Symbolen. Daran anschließend befindet sich ein einsymboliger Datenteil SIGNAL bestehend aus einer Datenrate RATE, einem reservierten Bit, einer Längenangabe, einem Paritätsbit und einem sogenannten Tail.

35

Erfindungsgemäß werden die anschließenden drei OFDM-Symbole, bestehend aus jeweils 24 Bits, für die adaptive Modulation

beziehungsweise die Erweiterung der physikalischen Schicht (PHY extension) verwendet. Die drei Symbole setzen sich zusammen aus einem Header mit zwei Bits, der Bit-Loading-Information mit 48 Bits, einem zyklischen Redundanzcode CRC mit 16 Bits und einem Tail mit 16 Bits.

10 Anschließend an die drei Symbole für die adaptive Modulation befinden sich die eigentlichen, zu übertragenden Daten Data, die eine variable Länge mit unterschiedlich vielen OFDM-Symbolen besitzen. Der Data-Teil besitzt die bekannte Struktur mit zwölf Service-Bits, der PLCP-Service-Dateneinheit PSDU, dem Tail mit sechs Bits und einigen Pad-Bits.

15 Die Bestandteile der PPDU, die mit "SIGNAL", "PHY extension" und "Data" bezeichnet sind, werden mit kodiertem OFDM, im vorliegenden Fall BPSK, 1/2, übertragen. Die Rate für den Data-Teil wird in dem SIGNAL-Teil übertragen.

20 Somit lässt sich die adaptive Modulation einer PPDU durch Einfügen und Verwenden von nur drei OFDM-Symbolen, die einen Zeitbedarf von zwölf μ s haben, in eine CTS-Nachricht gemäß der IEEE 802.11a-Spezifikation realisieren. Dabei kann das reservierte Bit oder das RATE-Feld das Feld für die adaptive Modulation (PHY extension Field) andeuten.

25 Figur 8 zeigt schließlich, dass die Backoff-Prozedur zur Vermeidung von Kollisionen, wie dies bereits in Figur 1 angedeutet ist, unverändert bleibt. Insbesondere bleiben alle DIFS-, PIFS- und SIFS-Zeitintervalle auch für die adaptive Modulation unverändert. So wird auch hier nach der Verschiebung des Zugriffs während der wettbewerbsfreien Zeit in dem Wettbewerbsfenster (Contention Window) ein entsprechender Slot gewählt und der Backoff solange dekrementiert, solange das Medium untätig ist.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Senden von Datensignalen in einem Kommunikationssystem mit dezentral organisiertem Zugriff auf das Übertragungsmedium unter Verwendung mehrerer Übertragungsmodi, durch

Senden mindestens eines Pilotsignals vom Sender zum Empfänger,

10 Berechnen einer Zuordnungstabelle bezüglich der Übertragungsmodi anhand der empfangenen Pilotsignale durch den Empfänger,

15 Senden der Zuordnungstabelle vom Empfänger an den Sender und

20 Senden der Datensignale (Data) unter Anwenden eines der Übertragungsmodi gemäß der Zuordnungstabelle vom Sender zum Empfänger oder vom Empfänger zum Sender.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dessen Grundlagen nach IEEE 802.11 spezifiziert sind.

3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei die Pilotsignale in einer RTS-Nachricht übertragen werden.

30 4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, wobei die Zuordnungstabelle eine Bitloading-Tabelle für adaptive Modulation und/oder Erweiterungsdaten für Erweiterungen der physikalischen Schicht, die über den Standard IEEE 802.11a oder andere Standards der physikalischen Schicht hinausreichen, umfasst.

35 5. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 4, wobei eine Anfrage vom Sender nach adaptiver Modulation und/oder nach Erweiterungen der physikalischen Schicht, die über

den Standard IEEE 802.11a hinausreichen, in einer RTS-Nachricht erfolgt.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 5, wobei eine Anfrage und/oder Bestätigung von dem Empfänger bezüglich adaptiver Modulation und/oder Erweiterungen der physikalischen Schicht, die über den Standard IEEE 802.11a hinausgehen, in einer CTS-Nachricht übertragen werden.

10

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 6, wobei die Zuordnungstabelle des Empfängers in einer CTS-Nachricht übertragen wird.

15

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 7, wobei ein Kommunikationsendgerät sowohl Sender- als auch Empfängerfunktionalität beinhaltet und eine Zuordnungstabelle entweder vom Empfänger an den Sender oder umgekehrt übertragen wird.

20

9. Verfahren nach Anspruch 8, wobei die Zuordnungstabelle in dem Datenübermittlungspaket (Data) angewendet wird.

25

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 9, wobei zur Übertragung der Zuordnungstabelle mindestens ein Daten- symbol, vorzugsweise drei Datensymbolen bestehend aus jeweils 24 Bits, verwendet werden.

30

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 10, wobei die Verwendung einer spezifischen Erweiterung der physikalischen Schicht, die über den Standard IEEE 802.11a hinausgeht, in einem CTS-Nachricht bestätigt wird.

35

12. Verfahren zum Senden von Datensignalen in einem Kommunikationssystem mit zentral organisiertem Zugriff auf das Übertragungsmedium unter Verwendung mehrerer Übertragungsmodi, durch

Senden mindestens eines Pilotsignals vom Sender zum Empfänger,

5 Berechnen einer Zuordnungstabelle bezüglich der Übertragungsmodi anhand der empfangenen Pilotsignale durch den Empfänger;

10 Senden der Zuordnungstabelle vom Empfänger an den Sender und

Senden der Datensignale unter Anwenden der in der Zuordnungstabelle übermittelten Übertragungsmodi gemäß der Zuordnungstabelle vom Empfänger zum Sender.

15 13. Verfahren nach Anspruch 12, wobei zu sendende Daten mit einem festen Modulationsschema moduliert werden, solange keine Zuordnungstabelle bezüglich der Übertragungsmodi vorliegt.

20 14. Verfahren nach Anspruch 12 oder 13, wobei die Zuordnungstabelle eine Bitloading-Tabelle für adaptive Modulation und/oder Erweiterungsdaten für Erweiterungen der physikalischen Schicht, die über den Standard IEEE 802.11a oder andere Standards der physikalischen Schicht hinausreichen, umfasst.

25 15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14, wobei das Kommunikationssystem ein Vielfachzugriffssystem und insbesondere ein CSMA-System, vorzugsweise nach dem IEEE802.11 Standard, ist.

35 16. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 15, wobei die Übertragungsmodi zumindest teilweise aus einer adaptiven Modulation resultieren.

17. Verfahren zum Senden von Datensignalen, wobei ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11 und ein Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 16 zeitlich ineinander verschachtelt werden.

Zusammenfassung

Adaptive Modulation und andere Erweiterungen der physikalischen Schicht in Mehrfachzugriffssystemen

5

In einem Kommunikationssystem, das insbesondere nach IEEE 802.11a standardisiert ist, soll der Datenaustausch verbessert werden. Hierzu wird vorgeschlagen, dass bei einem dezentral organisierten Zugriff auf das Übertragungsmedium, vorzugsweise einem IEEE 802.11 System mit einer Distributed Coordination Function (DCF), unter Verwendung mehrerer Übertragungsmodi Pilotsignale vom Sender zum Empfänger gesendet und anschließend eine Zuordnungstabelle bezüglich der Übertragungsmodi anhand der empfangenen Pilotsymbole durch den Empfänger berechnet werden. Vom Empfänger wird die Zuordnungstabelle zum Sender übermittelt, so dass der anschließende Datenaustausch auf der Basis dieser Zuordnungstabelle stattfinden kann. Bei zentral organisiertem Zugriff, vorzugsweise einem IEEE 802.11 System mit einer Point Coordination Function (PCF), erfolgt eine Verbesserung dadurch, dass bereits mit der Übermittlung einer Zuordnungstabelle die darauftreffenden Daten entsprechend adaptiv moduliert werden.

(Fig. 5)

25

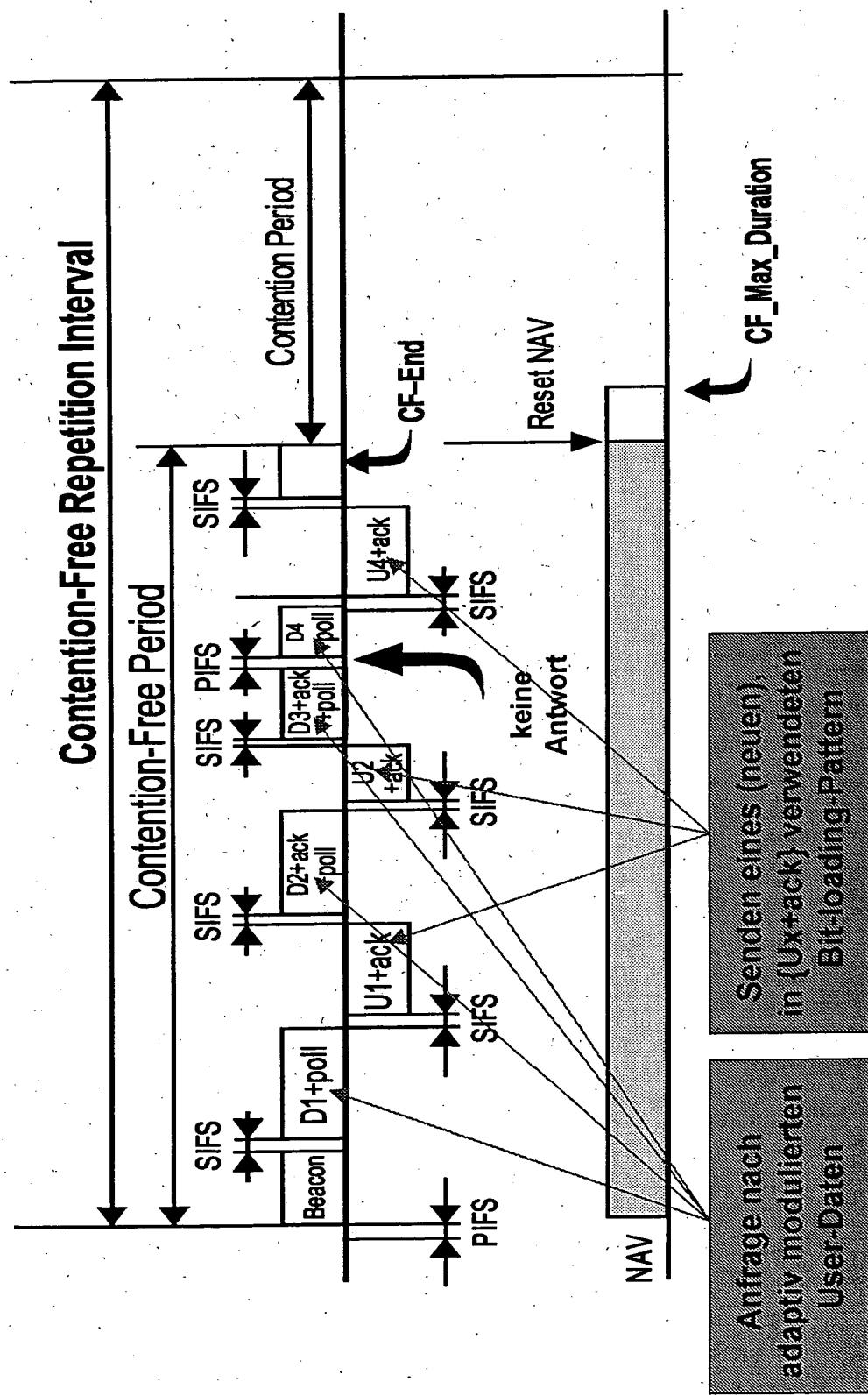


Fig. 5

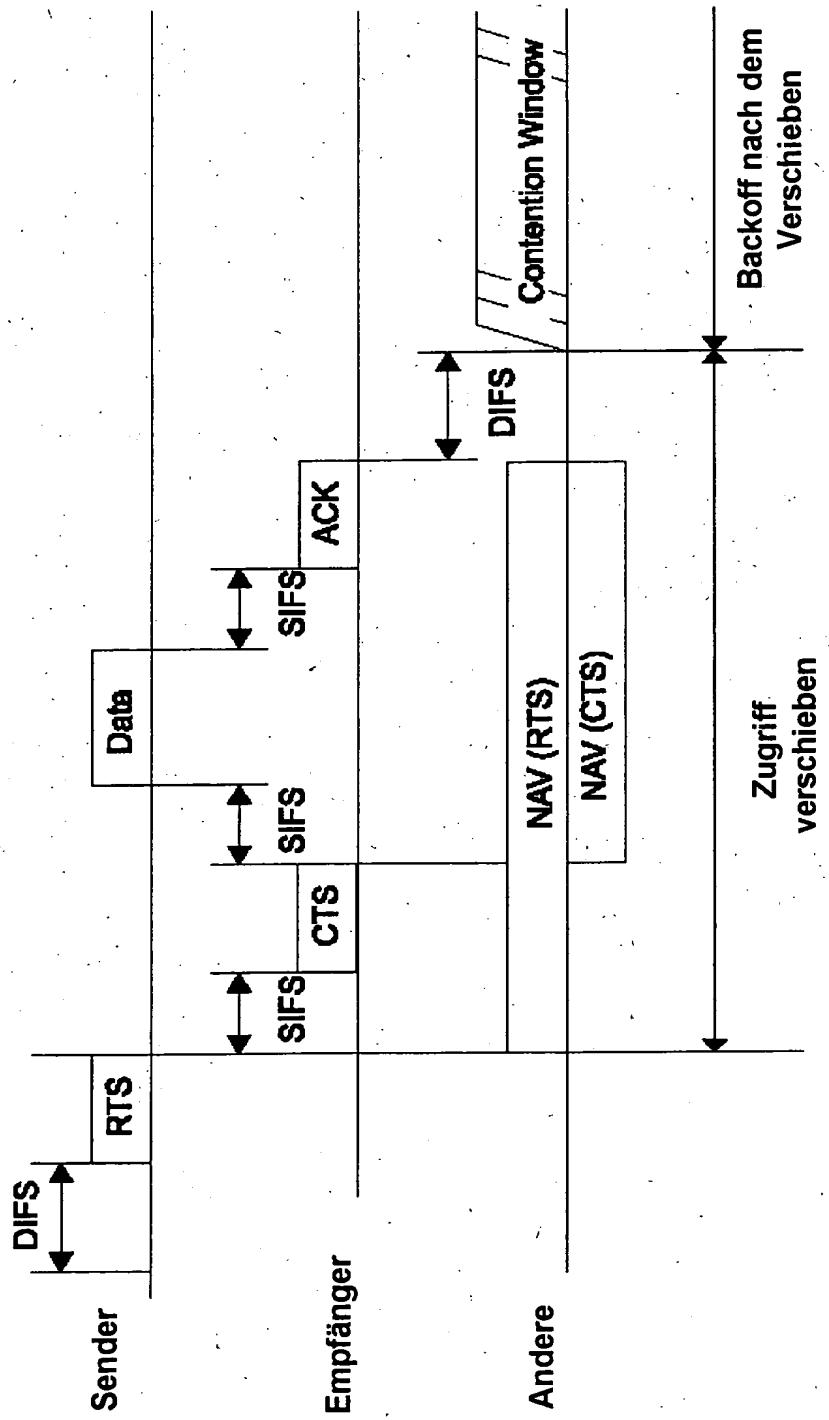


Fig. 1

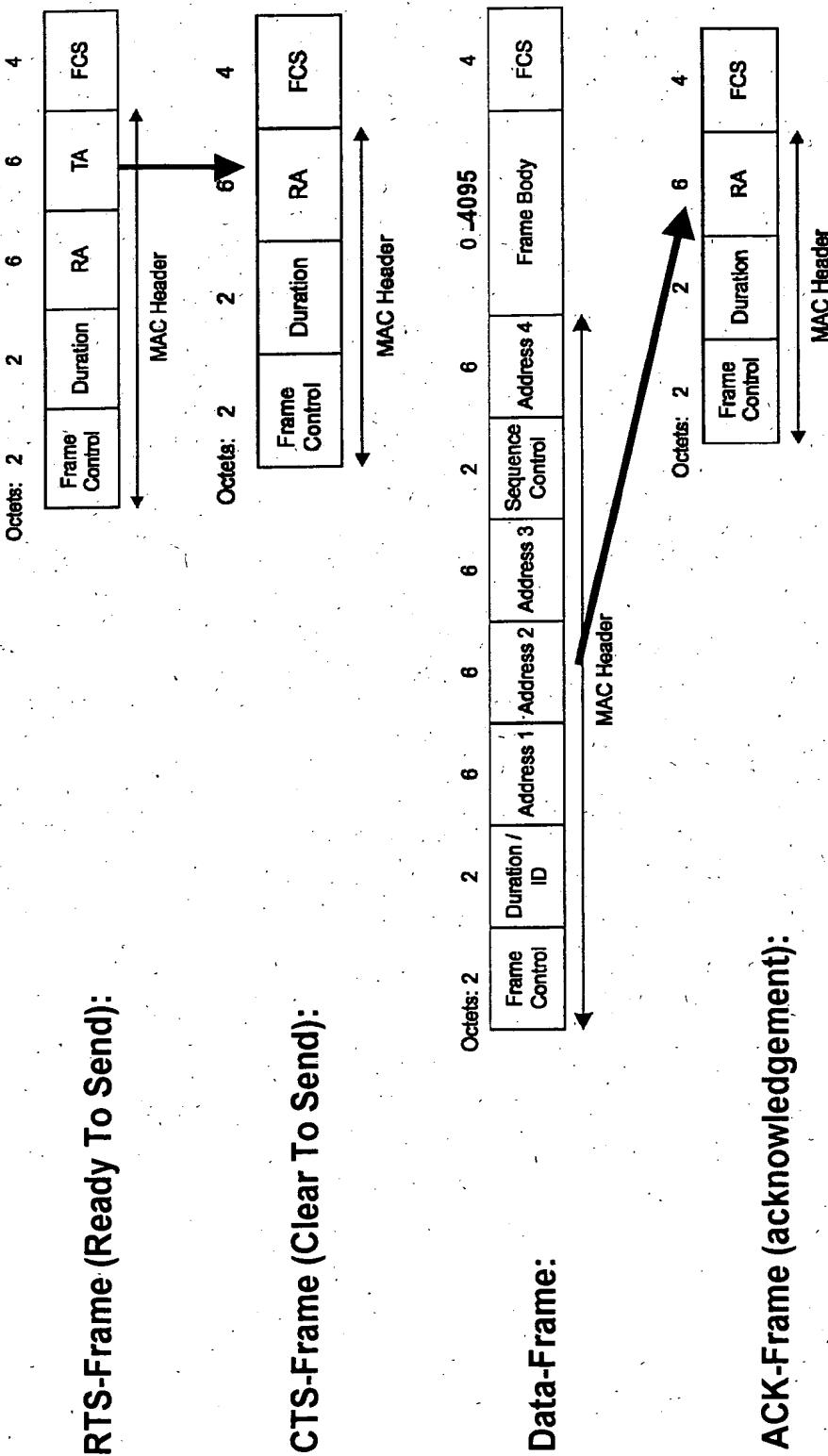


Fig. 2

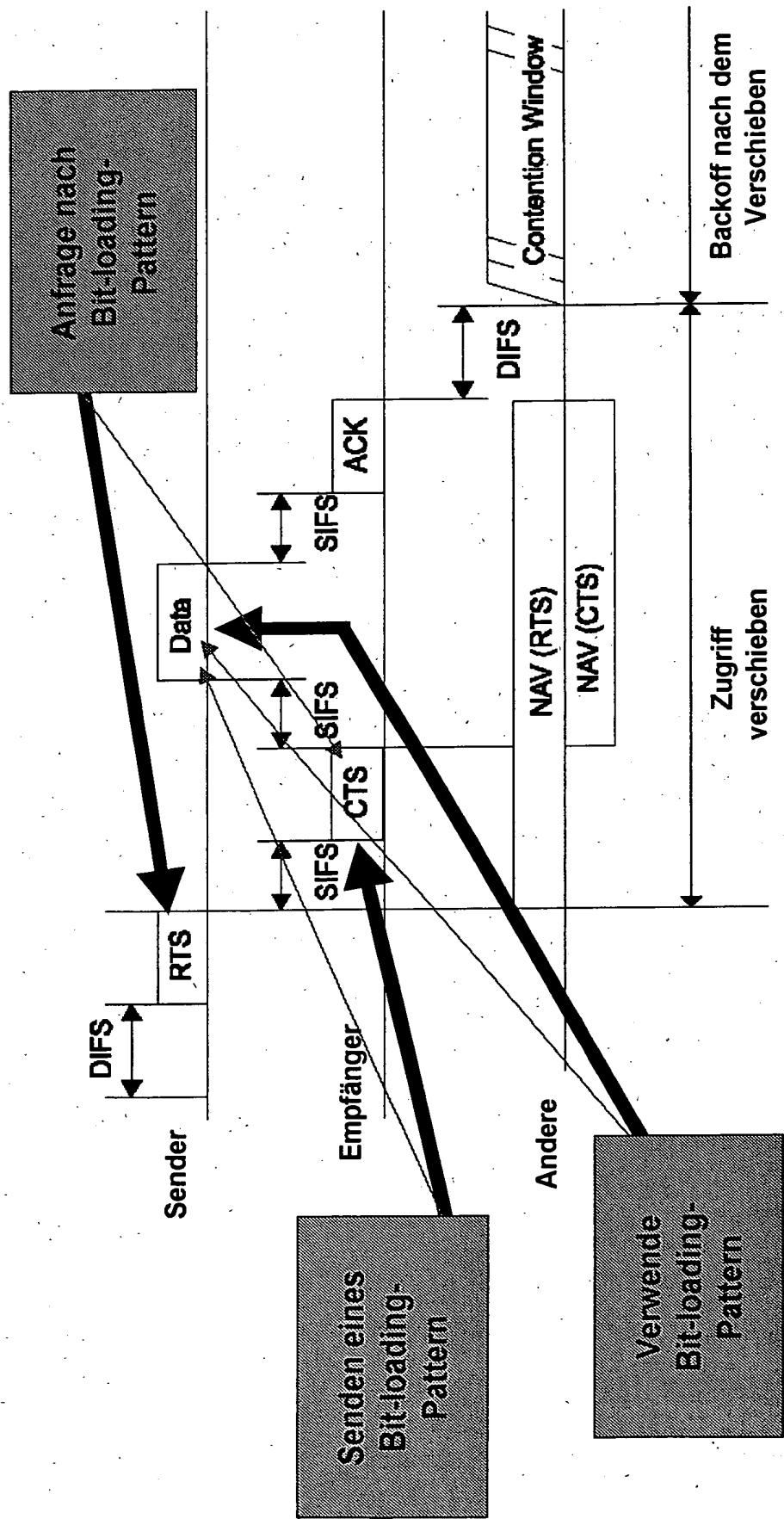


Fig. 3

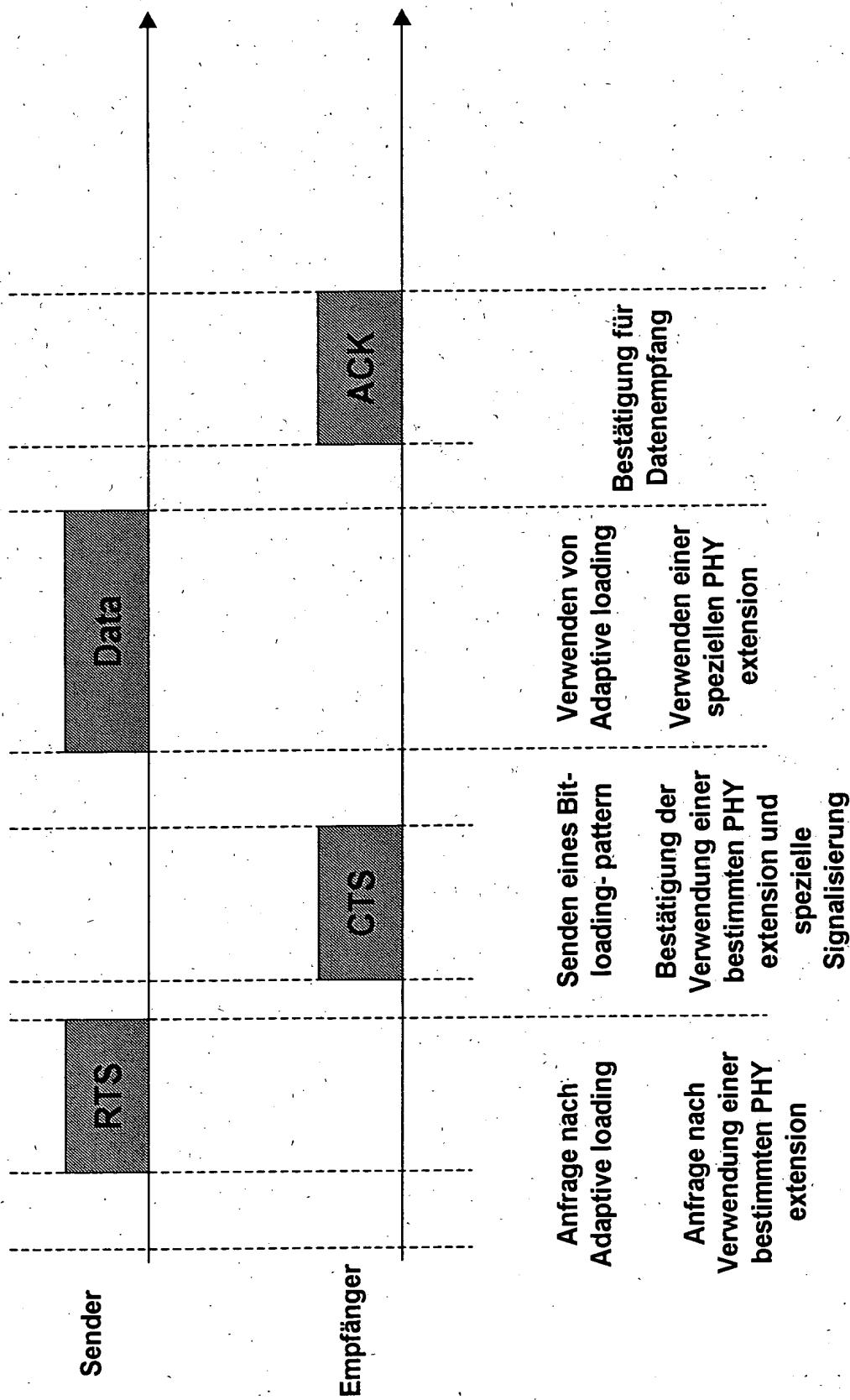


Fig. 4

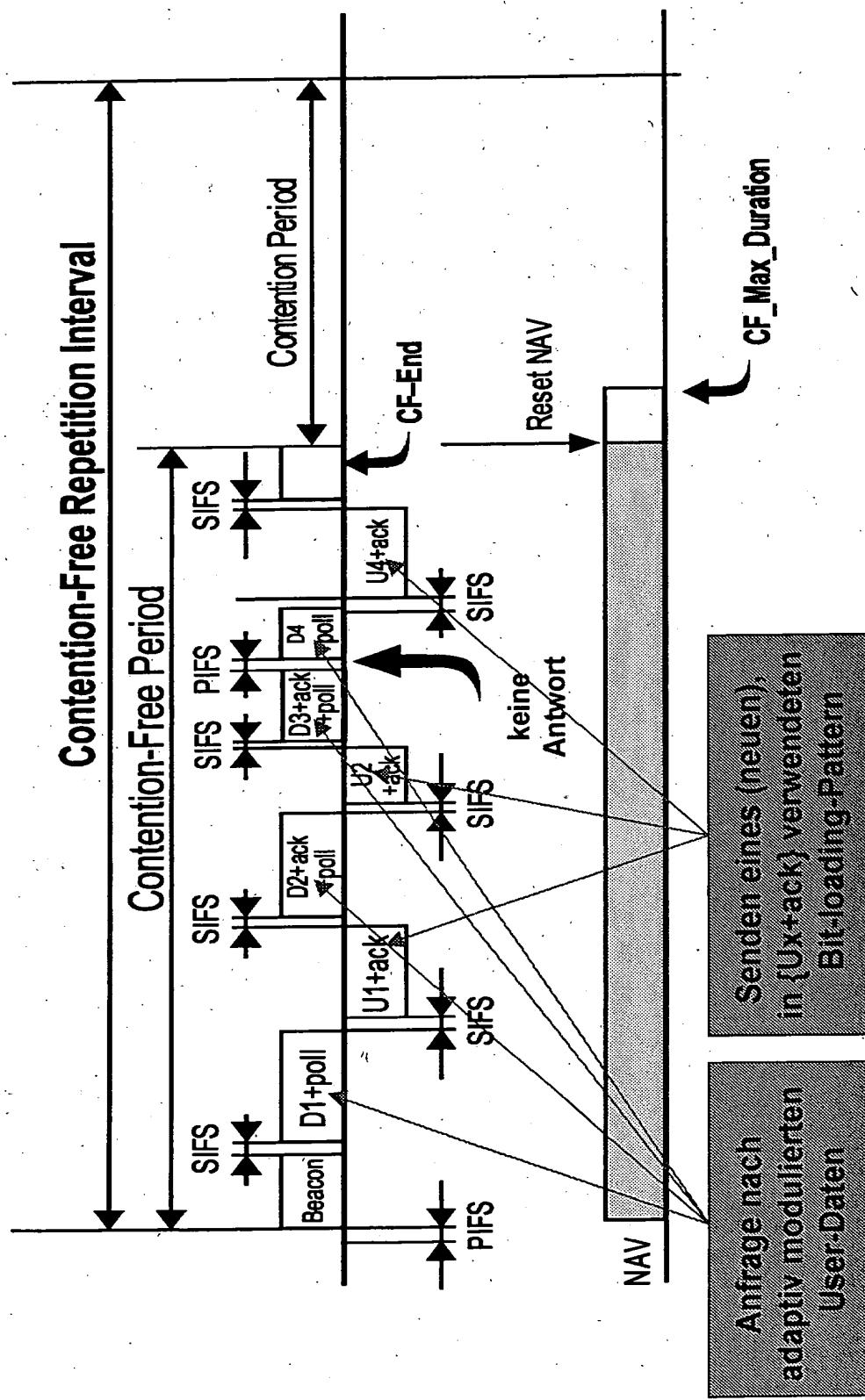


Fig. 5

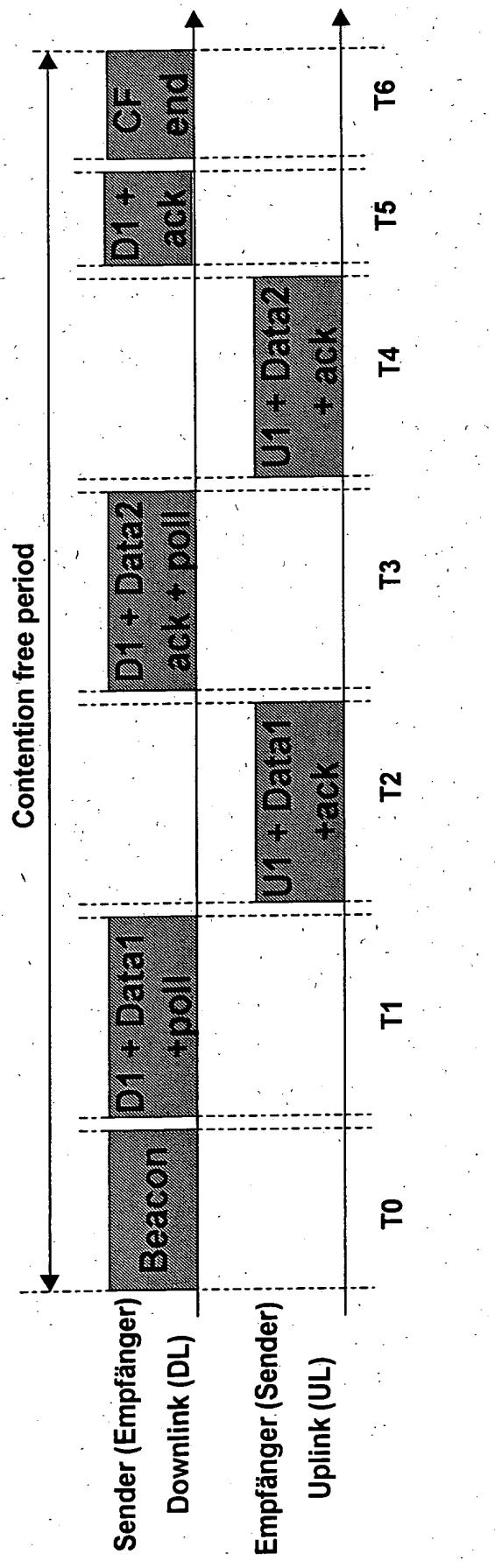


Fig. 6

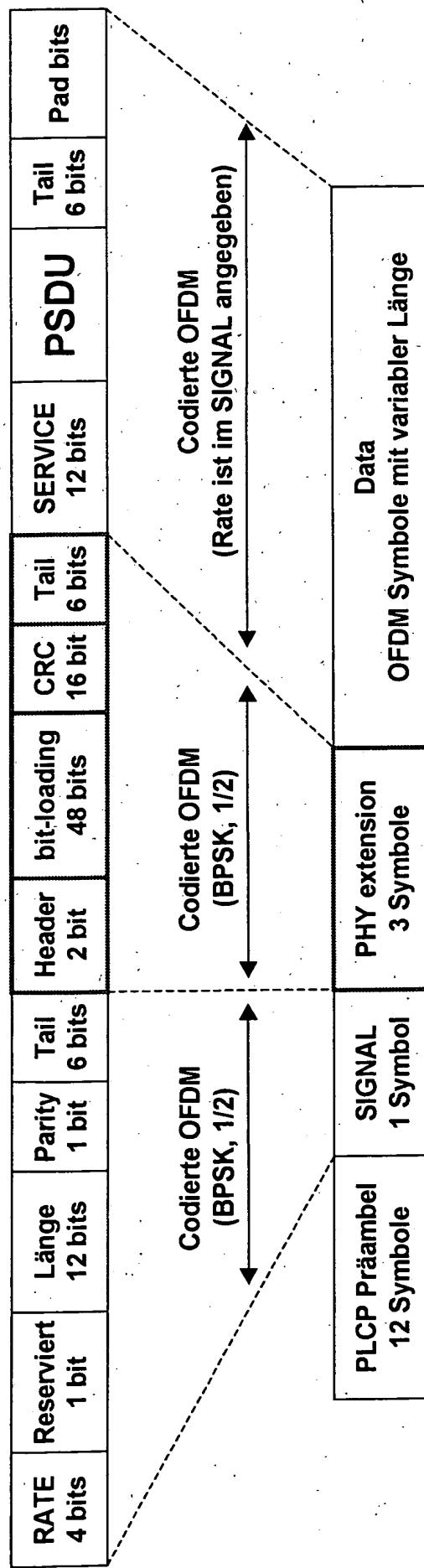


Fig. 7

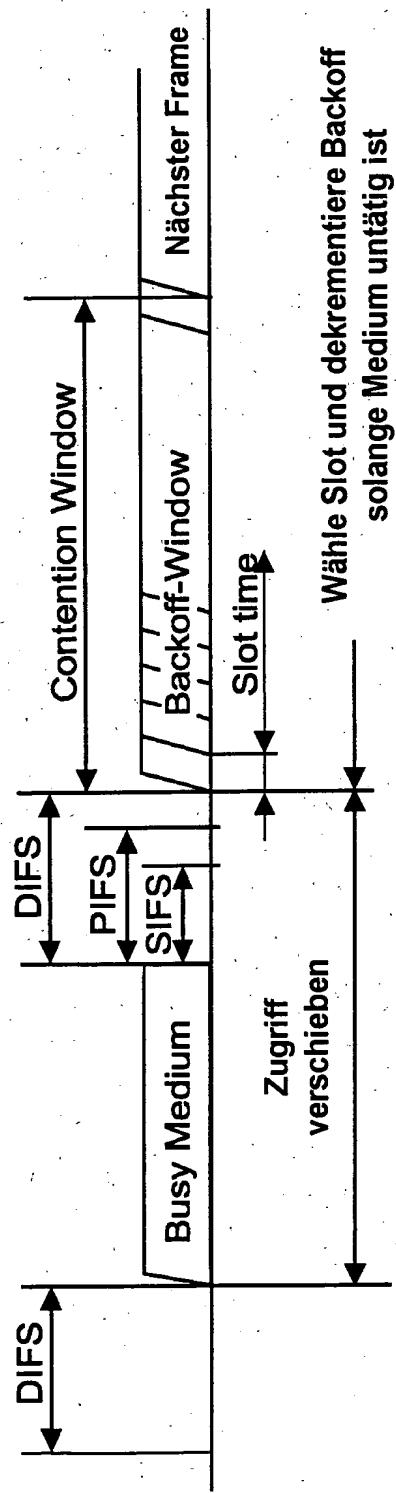
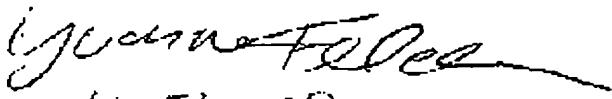


Fig. 8

Affidavit

I, Yvonne Feldman of 1455 N. Paulina Street, Chicago, IL., 60622, as an independent translator declare:

1. That I am a citizen of Germany and a permanent resident in the U.S.
2. That I am well acquainted with the German and English languages.
3. That the attached is, to the best of my knowledge and belief, a true translation into the English language of the German 102 14 117.7 document.
4. That I believe that all statements made herein of my own knowledge are true and that all statements made on information and belief are true; and further that these statements were made with the knowledge that willful false statements and the like so made are punishable by fine or imprisonment; or both, under Section 1001 of Title 18 of the United States Code and that such willful false statements may jeopardize the validity of the patent application in the United States of America or any patent issuing thereon.


4-7-08

Description

Adaptive modulation and other extensions of the physical layer in multiple access systems.

The present invention related to a method of transmitting data signals in a communication system with access to the transmission medium organized on a central or distributed basis using a number of transmission modes. In particular the present invention relates to a signaling scheme for adaptive modulation in a CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access Collision Avoidance) access system.

A serious problem in mobile radio transmission is the frequency selectivity of the mobile radio channels. The frequency selectivity, generated by multipath propagation with large delay time differences, causes heavily linear distortions of the receive signal, which makes it necessary to use expensive equalizers or to use Viterbi detection. A suitable means of combating the disadvantages of frequency selective channels is what is known as Adaptive Modulation (AM), which is described in greater detail below.

Adaptive Modulation is used in OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) systems to reduce the disadvantages of frequency selective fading channels. In such cases the data is transmitted over individual subcarriers.

A brief description of the principle of adaptive modulation will be given below. The transmitter transmits data to a receiver over the radio channel. In the transmitter, the data to be transmitted is initially coded and interleaved by a coder and an interleaver. Subsequently the data is modulated with a different modulation loading, depending on the channel attribute. Suitable modulation alphabets/methods for this are for example the known amplitude/phase shift keying methods BPSK, QPSK, 16 QAM, 64 QAM, etc. with the relevant modulation loadings 1, 2, 4 and 6. With a high signal-to-noise ratio the relevant subcarrier is to be modulated with a high number of bits whereas with a low signal-to-noise ratio a low number of bits is sufficient. The

signal-to-noise ratio will normally be estimated in the receiver and converted for the individual subcarriers in a bit loading table. A bit loading table of this type can for example contain information about the signal-to-noise ratio or alternatively the required modulation loading for each individual subcarrier. This bit loading table is 'transferred to the transmitter so that the latter can activate a demultiplexer DEMUX and multiplexer MUX accordingly for adaptive modulation.

The demultiplexer DEMUX directs the bit stream received by the interleaver to the modulator MOD₁, ..., MOD_{n-1}, MOD_n, assigned a specific modulation loading. In this case, modulator MOD₁ can for example be a BPSK modulator and modulator MOD_n, a 64 QAM modulator. Depending on the pointers received by the relevant modulation the multiplexer MUX which is also controlled via the bit loading table is subjected to an inverse Fast-Fourier Transformation IFFT. The pointers to the relevant subcarriers are transformed there for transmission and subsequently modulated up to the carrier frequency.

This process is essentially reversed in the receiver. Initially the data is obtained as pointers from the individual subcarriers using a Fast-Fourier transformation. A subsequent demultiplexer DEMUX allocates the data in accordance with the bit loading table to the suitable demodulator. The bit stream obtained from the demodulators DEMOD₁, ..., DEMOD_{n-1}, DEMOD_n is fed via a multiplexer MUX to a deinterleaver and channel coder.

As already mentioned the desired bit loading table for adaptive modulation is to be transmitted from the transmitter to the receiver. An important point here is that the bit loading tables are typically calculated in the receiver on the basis of RSSI (Radio Signal Strength Indication) and SNR (Signal to Noise/Interference Ratio) and must be transferred to the transmitter. For a TDD (Time Division Duplex) scheme a WSS (White Sense Stationary) channel is usually assumed for a period in which the bit loading table is valid.

Standard IEEE 802.11a specifies the Medium Access Control (MAC) and physical characteristics for radio LAN systems. A Medium Access Control unit in accordance with this

Standard is designed to support the components of a physical layer depending on the availability of the spectrum regarding their permission to access the transmission medium.

Basically there are two coordination options for access available: the central and the local access function. With the central access function (Point Coordination Function, PCF) the coordination function logic is only active in a station or in a terminal of a group of terminals (Basic Service Set, BSS) respectively for as long as the network is in operation. By contrast, with the Distributed Coordination Function (DCF) the same coordination function logic is active in each station or each terminal of the terminal group respectively for as long as the network is in operation.

Figure 1 shows the data frame structure for this exchange of data in a Distributed Coordination Function (DCF) according to Standard IEEE 802.11. The reader is referred to this Standard with respect to the abbreviations and terms used in this document. According to Figure 1 the following units participate in communication: a transmitter, a receiver and other units. After a wait time, known as the DCF Interframe Space (DIFS), the transmitter transmits an RTS (Ready to Send) signal to the network.

After a short wait time (Short Interframe Space, SIFS) the receiver sends the CTS (Clear to Send) signal, indicating that it is ready to receive. After another short wait time SIFS the transmitter sends to the network the data to be transmitted. After the transmission and a wait time SIFS, the receiver confirms the receipt of the data with the acknowledge message ACK. The wait times SIFS and DIFS in this case are 16 μ s and 34 μ s respectively.

For other communication users, the NAV (Network Allocation Vector) is set at the initiative of the RTS or CTS signal, specifying for how long a transmission cannot be executed on the wireless medium by the relevant station.

Access to the radio system is only possible again once the wait time DIFS has elapsed after receipt of the acknowledgement ACK of the receiver. In the subsequent window, known as the contention window, to avoid collisions, there is a delay by a random backoff time.

Figure 2 shows the frame or data packet formats of the frames shown in Figure 1. Of especial importance in this context is the interplay between transmitter and receiver and thereby the relevant addressing. Thus the RTS frame accommodates the Transmitter Address (TA) encoded with six octets. The Receiver Address is also coded with six octets in the CTS frame. The data frame which is sent by the transmitter contains the destination address in address block "Address 2". The ACK frame returned by the receiver for acknowledgement again contains the RA (Receiver Address) so that the transmitter can uniquely assign the acknowledgement.

The object of the present invention is to increase the channel capacity in a communication system.

To achieve this object, the invention makes provision for a method for transmitting data signals with access organized on a distributed basis to the transmission medium using a number of transmission modes, by sending at least one pilot signal from the transmitter to the receiver, calculating an assignment table with regard to the transmission modes on the basis of the pilot signals received by the receiver, transmission of the assignment table from the receiver to the transmitter and transmission of the data signals using the transmission modes in accordance with the assignment table from the transmitter to the receiver or from the receiver to the transmitter.

Further, to achieve the above object, a method is provided for transmission of data signals in a communication system with centrally organized access to the transmission medium using a number of transmission modes, by transmission of at least one pilot signal from the transmitter to the receiver, calculation of an assignment table regarding the transmission mode on the basis of the pilot signals received by the receiver, transmission of the assignment table from the receiver to the transmitter and transmission of the data signals using the transmission modes transferred in the assignment table in accordance with the assignment table from the receiver to the transmitter.

Thus adaptive modulation can also be applied in multiple access systems, for example to the CSMA (Carrier sense Multiple Access) system on the basis of the bit loading signaling scheme specified in the invention. For adaptive modulation however it is absolutely vital for the desired

bit loading tables to be transferred correctly from the receiver to the transmitter. If this is not the case serious faults can occur. Use of the bit loading signaling scheme above all makes it possible to transmit adaptively-modulated data packets which, because of the adaptive modulation, are less susceptible to packet errors.

The proposed solution can be applied especially advantageously to a CSMA/CA (Collision Avoidance) scheme with distributed access in which the RTS (Ready to Send) signals, CTS (Clear to Send) signals and NAV (Network Allocation Vector) are used for reservation of the common medium for data transmission and where necessary the ACK (Acknowledge) message is also used to acknowledge data receipt. This means that at the basic level adaptive modulation can be employed for an OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) system or an MC/CDMA- (Multi Carrier Code Division Multiple Access) system which are based on CSMA/CA access.

As already indicated, the method in accordance with the invention can be used very advantageously for IEEE 802.11-standard systems. In such systems pilots can be sent for calculating bit loading tables in the RTS signal for distributed access. Furthermore it is worthwhile for the transmitter to ask the receiver in the RTS signal whether it is capable of adaptive modulation and where necessary of executing additional functions, known as the PHY extensions, within the framework of the physical layer.

In a similar way it is advantageous for the receiver to ask the transmitter in the CTS signal about the ability to execute adaptive modulation and where necessary further PHY extensions. At the same time the receiver can send the assignment tables or bit loading tables calculated on the basis of the pilots respectively in the CTS signal to the transmitter.

For bidirectional data traffic by means of adaptive modulation of two communication terminals, it should be stressed in particular that each terminal can be both a transmitter and also a receiver. Within the context of the IEEE 802.11a Standard it appears sensible to transmit the bit loading tables using three OFDM data symbols which each consist of 24 data bits.

A confirmation of the use of a specific PHY extension can be given in the CTS signal of the receiver.

Data should be transmitted with a fixed modulation scheme both in the case of central access and in the case of distributed access,⁵ provided there is no current bit loading table present at the transmitter or receiver.

The timing of both systems, the system with central access and the system with distributed access, can be interleaved, so that the specific components in each case can be used in parallel.

The invention will now be explained in more detail on the basis of the enclosed drawings, which show:

Figure 1 a signaling scheme of a DCF (Distributed Coordination Function) data exchange in accordance with Standard IEEE 802.11;

Figure 2 the structure of the data packet for data exchange in accordance with Figure 1;

Figure 3 a data exchange scheme in accordance with the invention for bit loading tables in transmission systems with distributed access;

Figure 4 an extract from the signaling scheme of Figure 3;

Figure 5 an inventive signaling scheme for bit loading tables in a 20 transmission system with central access;

Figure 6 a variant of the signaling scheme of Figure 5;

Figure 7 a data packet frame containing a bit loading table; and

Figure 8 the timing relationship of time intervals, the so-called Interframe Spaces (IT's), between the data blocks and the backoff procedure for central and distributed access procedures.

The exemplary embodiments described below represent preferred embodiments of the present invention.

The fundamentals of the inventive signaling scheme shown in Figure 3 correspond to those of the scheme shown in Figure 1 and are thus based on Standard IEEE 802.11. However, as indicated by the thick arrows in the Figure, the content of the relevant data frame has been changed. To perform adaptive modulation an inquiry is made in the RTS signal of the transmitter about a bit loading table of the receiver. The receiver in its turn integrates into its CTS message the bit loading table which it has calculated on the basis of pilots of the RTS signal. The bit loading table received by the transmitter in the CTS message is used by the transmitter to send the data in the data packet "Data".

A second signaling scheme is indicated by the thin arrows in Figure 3. In this scheme the receiver requests a bit loading table from the transmitter in a CTS message. The latter calculates a current bit loading table for the forwards channel on the basis of pilots from the CTS signal and integrates this bit loading table into the packet "Data" to be sent to the receiver. Simultaneously the data to be transferred in the data packet "Data" is already being adaptively modulated in accordance with the bit loading table determined.

In time-division duplex mode a particular terminal is either a transmitter or a receiver in each case. In both of the above cases (thick arrows and thin arrows in Fig. 3), the necessary transmitter and receiver functionality is implemented in both communicating terminals.

A comparison with Figure 1 shows that the wait periods SIFS and DIFS are unchanged.

In the signaling scheme of Figure 4 the essential steps in accordance with the invention for distributed access in a CSMA/CA system are summarized and expanded. Thus the RTS data packet receives from the transmitter a request for adaptive modulation and where necessary an

additional request for the use of specific expansion functions with respect to the physical layer (PHY extensions). These types of PHY extensions allow transmission modes to be defined which extend beyond the "Physical Layer model" defined in the HIPERLAN/2 Standard. One example of this would be the well-known "Space Frequency Block Coding".

These types of expansions of the physical layer can be notified to the distant end in each case, i.e. the transmitter or receiver and an specific expansion between the two terminals can be negotiated, which is then employed during data transmission. In this case the assignment table can contain what is known as a "bit loading table" which is employed for adaptive modulation. "Negotiation" is essentially undertaken in three steps: In a first step the first terminal notifies which expansions it supports. In the second step the second terminal notifies which expansions it supports. In the third step the first terminal decides on one or more jointly supported expansions to be used for the subsequent transmission.

In accordance with Figure 4, the CTS data packet of the receiver contains the bit loading table. In addition, it contains acknowledgement information about the use of a specific PHY extension.

The data packet "Data" of the transmitter contains the actual data to be transmitted. This is adaptively modulated according to the bit 5 loading table received from the receiver. In order to transmit this data, a transmission mode with the specific PHY expansion is selected.

After a certain amount of wait time, the receiver transmits the acknowledgement data packet ACK which contains acknowledgement information about correct or incorrect receipt of the data packet "Data".

Figure 5 shows a PCF data transmission in accordance with the Standard IEEE 802.11, in which access to the data network is coordinated centrally. A transmission interval in this system is referred to as a "Contention-Free Repetition Interval". This interval consists of a contention-free period and a contention period in which contention for access to the data network by the individual users takes place. In the contention-free period access is regulated centrally whereas in the contention period access is coordinated on a distributed basis.

After a wait time PIFS (PCF Interframe Space), transfer is started by a start signal (beacon) of the master which centrally coordinates access by a group of users to the data network. In the centrally coordinated operating mode, a data transmission from the master to the users is referred to as a downlink (DL) and a data transmission from the users to the master as an uplink (UL).

After a short wait time SIFS, the master transmits to a user X as shown in Fig. 5 data in a connection D1, where the "D" of "D1" identifies the downlink and the "1" the connection 1 to user X, with a polling request with which user X is requested to transmit data if he wishes to do so. Again after a short wait time SIFS, user X sends his data in uplink U1, where the "U" of "U1" identifies the Uplink and "1" the connection 1 of user X, with an acknowledgement message ack to the master. Again after a short wait time SIFS, the master transmits to user Y data in the connection D2 with a polling message for user Y. At the same time the master transmits with this message a confirmation ack for user X, that he has correctly received data in the connection U1. Subsequently the master receives from user Y data in the connection U2 with an acknowledgement ack that the data in the connection D2 has arrived correctly at user Y.

Subsequently the master accesses with data in the connection D3 a user Z who does not respond and thereafter a user Z with data in the connection D4 as well as a polling request in which case the master does not need to transmit an acknowledgement ack to the user Z, since the latter has not responded. Thereafter the user W transmits data in the connection U4 with an acknowledgement ack, that he has correctly received the data in the connection D4 from the master. This typical data exchange in the contention-free period changes with the end signal CF-End of the master. This is followed by the contention period in which access to the data network is coordinated by each user himself, preferably in the Distributed Coordination Function DCF operating mode.

The contention-free period is identified by an NAV (Network Allocation Vector). During this time none of the stations or none of the users respectively begins a transmission on the medium. At the end of the contention-free period the NAV is reset (Reset NAV). After a short delay after resetting the contention-free time actually ends, so that a maximum contention-free period CF_Max_Duration is produced.

This data transmission scheme is further used in accordance with the invention, in which case the individual data blocks are supplemented with regard to adaptive modulation. The signaling of the bit loading tables necessary for adaptive modulation is shown by the thin arrows pointing to the relevant data blocks in Figure S. Thus for each data transfer from the master to one of the users, a request for adaptively-modulated user data is made. In addition to the implicit or explicit query about whether the addressed station is capable of adaptive modulation, the inquiry contains the request for an actual bit loading table to be used. Each user accessed sends in their data packet, in connections U1, U2 or U4 the bit loading table that they have calculated and applies this to the data to be transferred in each case in the connection U1, U2 and U4.

In the diagram shown in Figure 5, each of the users (User X, User Y, User Z and User w) has only been addressed or polled once by the master in each case in the contention-free period. Thus the master transmits its data in connections D1, D2, D3 and D4 with fixed modulation to the relevant user. If however a user is addressed a number of times in a contention-free period by the master and has sent the master a current bit loading table, as from the second transmission to the same user, the master uses the current bit loading table for adaptive modulation instead of fixed modulation.

This type of CSMA scheme with adaptive modulation is shown in Figure 6. In a time interval T0, the transmitter or the master issues the start signal (beacon) for the contention-free period. This period ends with the signal CF-End in time interval T6. In time interval T1, the master (transmitter) transfers in the connection D1 data Data 1 to a specific user (receiver) which it addresses with the polling message poll. At the same time, the master (transmitter) requests the bit loading table. In the time interval T2, the bit loading table is transferred from the user (receiver) to the master (transmitter) and fixed modulation continues to be used for transmission of the data Data 1 from the user (receiver) to the master (transmitter). In this case there is generally a distinction between the data Data 1 of the master in the connection D1 and the data Data 1 of the subscriber in the connection u1. With the acknowledgement information ack, the user (receiver) confirms receipt of the data Data 1 from the master (transmitter). In addition, the user (receiver) requests the bit loading table from the master (transmitter). In the time interval

T3, the master (transmitter) transfers further data Data 2 using the bit loading table received in the time interval T2. Further he transfers the requested bit loading table to the user (receiver). In the time interval T4, the user (receiver) transfers his data Data 2 to the master (transmitter) using the bit loading table received in the time interval T3.

With this signaling scheme an updated bit loading table can either be transmitted only on request or with each data transmission.

Figure 7 shows the structure of a PLCP data frame as can be used within an OFDM system specified in accordance with IEEE 802.11a. This data frame is referred to as a PPDU (PLCP Protocol Data Unit) which is based on the PLCP (Physical Layer Convergence Protocol). The PPDU possesses a PLCP preamble with twelve symbols. Following this is a one-symbol data part SIGNAL consisting of a data rate RATE, a reserved bit, a length specification, a parity bit and what is known as a tail.

In accordance with the invention, the subsequent three OFDM symbols, each consisting of 24 bits, are used for adaptive modulation or for the expansion of the physical layer (PHY extension). The three symbols are made up of a header with two bits, the bit loading information with 48 bits, a cyclic redundancy code CRC with 16 bits and a tail with 16 bits.

Following on from the three symbols for adaptive modulation is the actual data to be transmitted Data which is of variable length with a differing numbers of OFDM symbols. The data part possesses the known structures with twelve service bits, the PLC? Service Data Unit PSDU, the tail with six bits and a number of pad bits.

The components of the PPDU, referred to as "signal", "PHY extension" and "data" are transmitted with coded OFDM, in the present case BPSK, 1/2. The rate for the data part is transmitted in the signal part.

This allows adaptive modulation of a PPDU to be implemented by inserting and using only three OFDM symbols which have a time requirement of 12 As in a CTS message in accordance with

the IEEE 602.11 a Specification. In this case, the reserved bit or the RATE field can point to the field for adaptive modulation (PHY extension field).

Finally, Figure 8 shows that the backoff procedure to avoid collisions, as already indicated in Figure 1, remains unchanged. In particular all DIFS, PIFS and SIFS time intervals also remain unchanged for adaptive modulation. Thus, after the shifting of access during the contention-free period in the contention window a corresponding slot is selected and the backoff is decremented while the medium is inactive.

Patent claims

1. Method for transmitting data signals in a communication system with access organized on a distributed basis to the access medium using a number of transmission modes by transmitting a pilot signal from transmitter to receiver,
Calculation by the receiver of an assignment table with respect to the transmission modes using the received pilot signals,
Transmission of the assignment table from the receiver to the transmitter and
Transmission of the data signals (Data) using the transmission modes in accordance with the assignment table from the transmitter to the receiver or from the receiver to the transmitter
2. Method in accordance with Claim 1, for which the basics are specified in accordance with IEEE 802.11.
3. Method in accordance with Claim 2, whereby the pilot signals are transmitted in an RTS message.
4. Method in accordance with Claim 2 or 3, whereby the assignment table comprises a bit loading table for adaptive modulation and/or expansion data for expansions of the physical layer, which extend beyond Standard IEEE 802.11a or other standards of the physical layer.

5. Method in accordance with one of the Claims 2 to 4, whereby a request from the transmitter for adaptive modulation and/or for expansions of the physical layer, which extend beyond Standard IEEE 802.11a, is made in an RTS message.
6. Method in accordance with one of the Claims 2 to 5, whereby a request and/or acknowledgement from the receiver in respect of adaptive modulation and/or expansions of the physical layer, which extend beyond the Standard IEEE 802.11a, are transmitted in a CTS message.
7. Method in accordance with one of the Claims 2 to 6, whereby the assignment table is transmitted by the receiver in a CTS message.
8. Method in accordance with one of the Claims 2 to 7, whereby a communication terminal includes both transmitter and also receiver functionality and an assignment table is transmitted either by the receiver to the transmitter or vice versa.
9. Method in accordance with Claim 8, whereby the assignment table is employed in the data transmission packet (Data).
10. Method in accordance with one of the Claims 2 to 9, whereby for transmission of the assignment table at least one data symbol, preferably three data symbols, each consisting of 24 bits, are used.
11. Method in accordance with one of the Claims 2 to 10, whereby the use of a specific expansion of the physical layer, which extends beyond Standard IEEE 802.11a, is confirmed in a CTS message.
12. Method for transmitting data signals in a communication system with centrally organized access to the transmission medium using a number of transmission modes, by Transmission of at least one pilot signal from the transmitter to the receiver,

Calculation by the receiver of an assignment table in respect of the transmission modes using the received pilot signals,

Transmission of the assignment table from the receiver to the transmitter and

Transmission in accordance with the assignment table of the data signals using the transmission modes transferred in the assignment table from the receiver to the transmitter.

13. Method in accordance with Claim 12, whereby the data to be transmitted is modulated with a fixed modulation scheme provided there is no assignment table present in respect of the transmission modes.

14. Method in accordance with Claim 12 or 13, whereby the assignment table comprises a bit loading table for adaptive modulation and/or expansion data for extensions of the physical layer which extend beyond the Standard IEEE 802.11a or other standards of the physical layer.

15. Method in accordance with one of the Claims 1 to 14, whereby the communication system is a multiple access system and especially a CSMA system, preferably according to the IEEE 802.11 Standard.

16. Method in accordance with one of the Claims 1 to 15, whereby the transmission modes are at least partly the result of an adaptive modulation.

17. Method for transmission of data signals, whereby the timing of a method in accordance with one of the Claims 1 to 11 and a method in accordance with one of the Claims 12 to 16 is interleaved.

Abstract

Adaptive modulation and other extensions of the physical layer in multiple access systems. The data exchange is to be improved in a communication system that is based on the IEEE-802.11a standard, in particular. For this purpose, it is proposed that pilot signals are transmitted from the transmitter to the receiver, given access organized on a distributed basis to the access medium, preferably an IEEE 802.11 system having a Distributed Coordination Function (DCF), using a number of transmission modes, and an assignment table with respect to the transmission modes is subsequently calculated by the receiver using the received pilot signals. The receiver transmits the assignment table to the transmitter so that the following data exchange can be carried out on the basis of said assignment table. Given a centrally organized access, preferably an IEEE 802.11 system with a Point Coordination Function (PCT), improvement is obtained in that the data are already correspondingly adaptively modulated due to the transmission of an assignment table.

(Fig. 5)